

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-321372

(43)公開日 平成9年(1997)12月12日

(51)IntCl⁶

H 0 1 S 3/083

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 S 3/083

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全4頁)

(21)出願番号 特願平8-133269

(22)出願日 平成8年(1996)5月28日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 ▲角▼田 正豊

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72)発明者 岩月 勝美

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72)発明者 鈴木 隆一

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

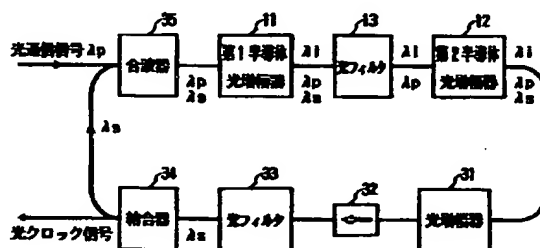
(54)【発明の名称】 全光クロック再生回路

(57)【要約】

【課題】 小型で超高速クロック信号の再生を可能にする。

【解決手段】 リング共振器を構成して第1波長の光を発振するレーザ装置と、第2波長の光通信信号をリング共振器に入力して第1波長の光と合波する合波器と、第2波長の光通信信号に同期した第1波長の光信号を光クロック信号としてリング共振器から取り出す結合器とを備え、さらにリング共振器内に、第1波長の光と第2波長の光通信信号から4光波混合により第3波長の光信号を発生する第1非線形素子と、第1非線形素子の出力光のうち第1波長の光を遮断する光フィルタと、第2波長の光通信信号と第3波長の光信号から4光波混合により第1波長の光信号を発生する第2非線形素子とを挿入する。

本発明の全光クロック再生回路の実施形態



【特許請求の範囲】

【請求項1】 リング共振器を構成して第1波長の光を発振するレーザ装置と、
第2波長の光通信信号を前記リング共振器に入力して前記第1波長の光と合波する合波器と、
前記第2波長の光通信信号に同期した前記第1波長の光信号を光クロック信号として前記リング共振器から取り出す結合器とを備えた全光クロック再生回路において、
前記リング共振器内に、
前記合波器で合波された前記第1波長の光と前記第2波長の光通信信号を入力し、4光波混合により第3波長の光信号を発生する第1非線形素子と、
前記第1非線形素子の出力光のうち前記第1波長の光を遮断する光フィルタと、
前記光フィルタを通過した前記第2波長の光通信信号と前記第3波長の光信号を入力し、4光波混合により第1波長の光信号を発生する第2非線形素子とを備えたことを特徴とする全光クロック再生回路。

【請求項2】 第1非線形素子および第2非線形素子は半導体光増幅器であることを特徴とする請求項1に記載の全光クロック再生回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気信号に変換することなく光通信信号から光クロック信号を再生する全光クロック再生回路に関する。

【0002】

【従来の技術】図3は、従来のリング共振器レーザ装置を用いた全光クロック再生回路の構成を示す。図において、光増幅器31、光アイソレータ32、光フィルタ33が光ファイバを介してループ状に接続され、光フィルタの通過波長に応じた発振波長を有するリング共振器レーザ装置が構成される。全光クロック再生回路としては、光フィルタ33と光増幅器31の間に、結合器34、合波器35、相互位相変調器36が挿入される。

【0003】光通信信号は、光増幅器37で増幅され、合波器35を介してリング共振器に入力される。相互位相変調器36では光通信信号が発振光を変調し、レーザ装置にモードロック制御を加える。その結果、レーザ装置は光通信信号の周波数と同期した光パルスが発生させる。この光パルスを結合器34から取り出し、光クロック信号が再生される。この動作原理は、文献(K. Smith, et al., "All-optical clock recovery using a mode-locked laser", IEE Electronics Letters, vol. 28, p. 1814-1816, 1992)に記載されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図3に示す従来の全光クロック再生回路では、相互位相変調器36として例えば約1 kmの光ファイバが用いられ、その非線形効果が利用される。そのために、数Wにも及ぶ高出

力の光増幅器37が必要となり、回路全体が大型になる問題点があった。また、光ファイバの分散により再生できるクロック周波数に限界があり、現在のところ約10G Hz以上の超高速クロック信号の再生は困難であった。

【0005】本発明は、小型で超高速クロック信号の再生を可能にする全光クロック再生回路を提供することを目的とする。

X【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の全光クロック再生回路は、リング共振器を構成して第1波長の光を発振するレーザ装置と、第2波長の光通信信号をリング共振器に入力して第1波長の光と合波する合波器と、第2波長の光通信信号に同期した第1波長の光信号を光クロック信号としてリング共振器から取り出す結合器とを備え、さらにリング共振器内に、第1波長の光と第2波長の光通信信号から4光波混合により第3波長の光信号を発生する第1非線形素子と、第1非線形素子の出力光のうち第1波長の光を遮断する光フィルタと、第2波長の光通信信号と第3波長の光信号から4光波混合により第1波長の光信号を発生する第2非線形素子とを挿入する。

【0007】このように、リング共振器内に、4光波混合を行う2つの非線形素子(半導体光増幅器)を配置し、その間に発振波長の光を遮断する光フィルタを挿入する。これにより、光通信信号の有無に応じて発振波長の光がリング共振器内を周回するかが決定されるので、その発振波長の光を光通信信号に同期した光クロック信号として取り出すことができる。

【0008】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の全光クロック再生回路の実施形態を示す。図において、光増幅器31、光アイソレータ32、光フィルタ33により構成されるリング共振器レーザ装置は従来と同様である。この発振波長を λ_s とする。全光クロック再生回路としては、リング共振器を構成する光フィルタ33と光増幅器31の間に、結合器34、合波器35、第1半導体光増幅器11、光フィルタ13、第2半導体光増幅器12が挿入される。この2つの半導体光増幅器11、12および光フィルタ13が、リング共振器を伝搬する波長 λ_s の光を変調する手段(従来の相互位相変調器36に対応)となる。ここで、合波器35からリング共振器に入力される光通信信号の波長を λ_p とし、光フィルタ13は波長 λ_s の光を遮断するものとする。

【0009】光フィルタ33を通過した波長 λ_s の光と波長 λ_p の光通信信号は、合波器35で合波されて第1半導体光増幅器11に入力される。第1半導体光増幅器11では、4光波混合により波長 $\lambda_i (=2\lambda_p - \lambda_s)$ の新たな光信号が発生する。この3つの光の波長関係を図2に示す。第1半導体光増幅器11から出力された3つの光は、波長 λ_s の光を遮断する光フィルタ13に入

3

力され、波長 λ_p と波長 λ_i の光のみが通過して第2半導体光増幅器12に入力される。第2半導体光増幅器12では、同様に4光波混合により波長 $\lambda_s (=2\lambda_p - \lambda_i)$ の新たな光信号が発生する。第2半導体光増幅器12から出力された光のうち波長 λ_s の光のみが、光増幅器31、光アイソレータ32、光フィルタ33、結合器34を通過して合波器35に戻ってくる。このように、光通信信号が入力されたときには、波長 λ_s の光信号がリング共振器を周回する。

【0010】一方、このリング共振器に光通信信号が入力されないときには、第1半導体光増幅器11で4光波混合が起こらず、第1半導体光増幅器11から波長 λ_s の光のみが出力される。しかし、この波長 λ_s の光は光フィルタ13で遮断されるので、リング共振器を周回しない。このように、光通信信号が入力されたときに、リング共振器内を伝搬している光を変調でき、モードロック制御が可能となる。ここで、光増幅器31の利得をリング共振器の損失より大きく設定しておくこと、光増幅器31の利得飽和効果によりリング共振器を周回する波長 λ_s の光の損失を完全に補償することができ、レーザ発振の特長が可能である。したがって、本構成の光回路は、光通信信号によりモードロック制御されるレーザ装置として動作し、光通信信号に同期した光パルスが発生させることができる。この光パルスを結合器34から取り出すことにより、光クロック信号を再生することができる。

【0011】なお、半導体光増幅器の4光波混合は、特性時間が1psec以下の非常に高速な現象であるので、本発明の全光クロック再生回路は100GHz以上の超高速クロック信号を再生することができる。また、半導体光増

4

幅器は数百 μm 程度の大きさの素子であり、リング共振器レーザ装置を構成する他の部品とともに集積化することができるので、容易に小型化することができる。同様に、高速な4光波混合現象を有し、小型で他の部品と集積化可能なものであれば、半導体光増幅器以外の非線形素子を用いてもよい。

【0012】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の全光クロック再生回路は、4光波混合という高速な非線形動作を利用してモードロック制御を行う構成であるので、超高速クロック信号を再生することができる。また、例えば半導体光増幅器のように微小な非線形素子を用いることができるので、小規模回路で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の全光クロック再生回路の実施形態を示すブロック図。

【図2】4光波混合の各波長関係を示す図。

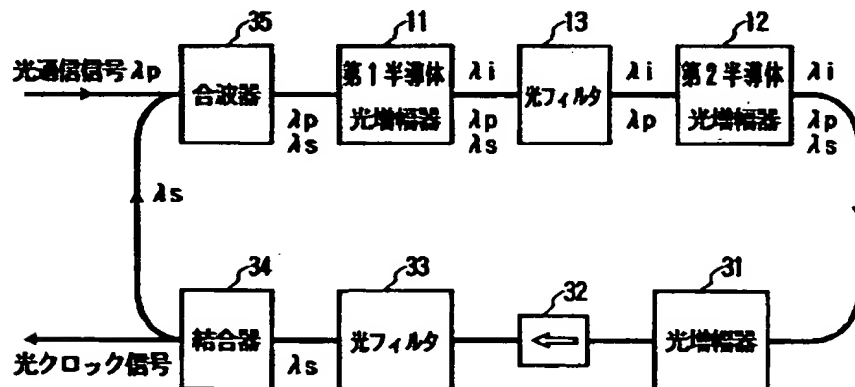
【図3】従来のリング共振器レーザ装置を用いた全光クロック再生回路の構成を示すブロック図。

【符号の説明】

- 11 第1半導体光増幅器
- 12 第2半導体光増幅器
- 13 光フィルタ
- 31, 37 光増幅器
- 32 光アイソレータ
- 33 光フィルタ
- 34 結合器
- 35 合波器
- 36 相互位相変調器

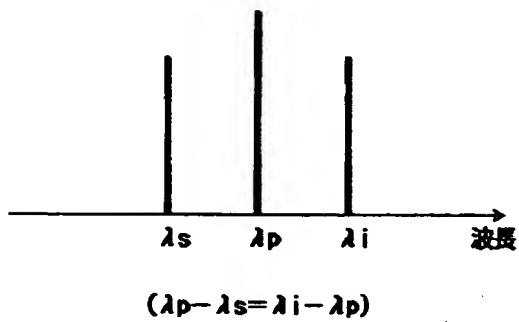
【図1】

本発明の全光クロック再生回路の実施形態



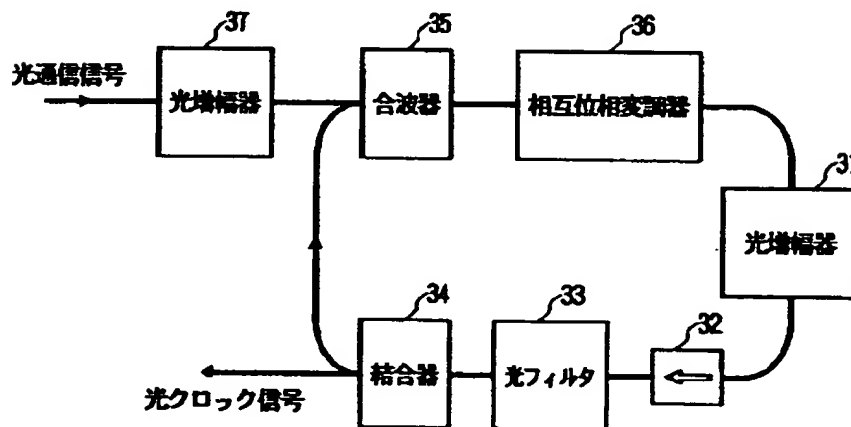
【図2】

4 光波混合の各波長関係



【図3】

従来のリング共振器レーザ装置を用いた全光クロック再生回路の構成



フロントページの続き

(72)発明者 雨宮 正樹
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-321372

(43)Date of publication of application : 12.12.1997

(51)Int.Cl.

H01S 3/083

(21)Application number : 08-133269

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 28.05.1996

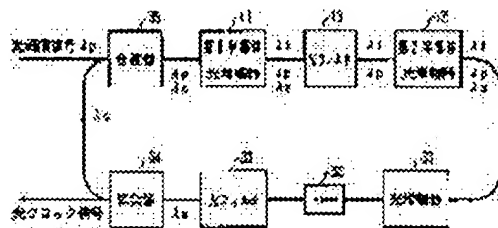
(72)Inventor : TSUNODA MASATOYO
IWATSUKI KATSUMI
SUZUKI KENICHI
AMAMIYA MASAKI

(54) ALL OPTICAL CLOCKS REGENERATIVE CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable mode clocked control by providing a first nonlinear element for generating an optical signal of a third wavelength from optical communication signals of a first and second wavelengths by the four optical wave mixing and second nonlinear element for generating an optical signal of a first wavelength from optical signals of a second and third wavelengths by the four optical wave mixing.

SOLUTION: A light of a wavelength λ_s passed through an optical filter 33 and an optical communication signal of wavelength λ_p are combined by a multiplexer 35 and fed to a first semiconductor optical amplifier 11 to generate a new optical signal of wavelength λ_i by the four optical wave mixing. Three output lights from the amplifier 11 are fed to a filter 13 to cut off the light of wavelength λ_s but only the lights of λ_p , λ_i pass through this filter to a second semiconductor optical amplifier 12 to generate a new optical signal of wavelength $\lambda_s (=2\lambda_p - \lambda_i)$ by the four wave mixing. Among output lights from this amplifier 12 only the light of λ_s runs on a ring resonator. Thus it is possible to modulate it and enable the mode locked control.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The laser equipment which constitutes a ring resonator and oscillates the light of the 1st wave, and the multiplexing machine the optical-communication signal of the 2nd wave is inputted [machine] into said ring resonator, and it multiplexes [machine] with said light of the 1st wave, In all the optical clock regenerative circuits equipped with the coupler taken out from said ring resonator by making into an optical clock signal said lightwave signal of the 1st wave which synchronized with said optical-communication signal of the 2nd wave The 1st nonlinear element which inputs said light of the 1st wave it was multiplexed [light] with said multiplexing vessel, and said optical-communication signal of the 2nd wave, and generates the lightwave signal of the 3rd wave by 4 light-wave mixing in said ring resonator, The optical filter which intercepts said light of the 1st wave among the output light of said 1st nonlinear element, All the optical clock regenerative circuits characterized by having the 2nd nonlinear element which inputs said optical-communication signal of the 2nd wave which passed said optical filter, and said lightwave signal of the 3rd wave, and generates the lightwave signal of the 1st wave by 4 light-wave mixing.

[Claim 2] The 1st nonlinear element and the 2nd nonlinear element are all optical clock regenerative circuits according to claim 1 characterized by being a semi-conductor light amplifier.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to all the optical clock regenerative circuits that reproduce an optical clock signal from an optical-communication signal, without changing into an electrical signal.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 3 shows the configuration of all the optical clock regenerative circuits that used conventional ring resonator laser equipment. In drawing, a light amplifier 31, an optical isolator 32, and an optical filter 33 are connected in the shape of a loop formation through an optical fiber, and the ring resonator laser equipment which has the oscillation wavelength according to the passage wavelength of an optical filter is constituted. As all optical clock regenerative circuits, a coupler 34, the multiplexing machine 35, and the mutual phase modulator 36 are inserted between an optical filter 33 and a light amplifier 31.

[0003] An optical-communication signal is amplified with a light amplifier 37, and is inputted into a ring resonator through the multiplexing machine 35. In the mutual phase modulator 36, an optical-communication signal modulates oscillation light and mode locking control is added to laser equipment. Consequently, laser equipment generates the light pulse which synchronized with the frequency of an optical-communication signal. Ejection and an optical clock signal are reproduced from a coupler 34 in this light pulse. This principle of operation is reference. (KSmith, et al., "All-optical clock recovery using a mode-locked laser", IEE Electronics Letters, vol.28, pp.1814-1816, 1992) It is indicated.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in all the conventional optical clock regenerative circuits shown in drawing 3, about 1km optical fiber is used as a mutual phase modulator 36, and the nonlinear effect is used. Therefore, the light amplifier 37 of the high power which attains to several W was needed, and there was a trouble that the whole circuit became large-sized. Moreover, the limitation was in the clock frequency reproducible [with distribution of an optical fiber], and, now, playback of ultra high-speed clock signal about 10GHz or more was difficult.

[0005] It is small and this invention aims at offering all the optical clock regenerative circuits that enable playback of a ultra high-speed clock signal.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The laser equipment which all the optical clock regenerative circuits of this invention constitute a ring resonator, and oscillates the light of the 1st wave, The multiplexing machine the optical-communication signal of the 2nd wave is inputted [machine] into a ring resonator, and it multiplexes [machine] with the light of the 1st wave, It has the coupler taken out from a ring resonator by making into an optical clock signal the lightwave signal of the 1st wave which synchronized with the optical-communication signal of the 2nd wave. The 1st nonlinear element which furthermore generates the lightwave signal of the 3rd wave by 4 light-wave mixing from the light of the 1st wave, and the optical-communication signal of the 2nd wave in a ring resonator, The optical filter

which intercepts the light of the 1st wave among the output light of the 1st nonlinear element, and the 2nd nonlinear element which generates the lightwave signal of the 1st wave by 4 light-wave mixing from the optical-communication signal of the 2nd wave and the lightwave signal of the 3rd wave are inserted.

[0007] Thus, into a ring resonator, two nonlinear elements (semi-conductor light amplifier) which perform 4 light-wave mixing are arranged, and the optical filter which intercepts the light of oscillation wavelength in the meantime is inserted. Thereby, since it is determined whether the light of oscillation wavelength goes the inside of a ring resonator around according to the existence of an optical-communication signal, it can take out the light of the oscillation wavelength as an optical clock signal which synchronized with the optical-communication signal.

[0008]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 shows the operation gestalt of all the optical clock regenerative circuits of this invention. In drawing, a light amplifier 31, an optical isolator 32, and the ring resonator laser equipment constituted with an optical filter 33 are the same as usual. It is λ_{das} about this oscillation wavelength. It carries out. As all optical clock regenerative circuits, a coupler 34, the multiplexing machine 35, the 1st semi-conductor light amplifier 11, an optical filter 13, and the 2nd semi-conductor light amplifier 12 are inserted between the optical filters 33 and light amplifiers 31 which constitute a ring resonator. Wavelength λ_{das} to which this two semi-conductor light amplifiers 11 and 12 and optical filter 13 spread a ring resonator. It becomes a means (it corresponds to the conventional mutual phase modulator 36) to modulate light. Here, it is λ_{dap} about the wavelength of the optical-communication signal inputted into a ring resonator from the multiplexing machine 35. Carrying out, an optical filter 13 is wavelength λ_{das} . Light shall be intercepted.

[0009] Wavelength λ_{das} which passed the optical filter 33. Light and wavelength λ_{dap} . It is multiplexed with the multiplexing vessel 35 and an optical-communication signal is inputted into the 1st semi-conductor light amplifier 11. In the 1st semi-conductor light amplifier 11, the new lightwave signal of wavelength λ_{dai} ($=2\lambda_{dap}-\lambda_{das}$) occurs by 4 light-wave mixing. The wavelength relation of these three light is shown in drawing 2. Three light outputted from the 1st semi-conductor light amplifier 11 is wavelength λ_{das} . It is inputted into the optical filter 13 which intercepts light, and is wavelength λ_{dap} . Wavelength λ_{dai} . Only light passes and it is inputted into the 2nd semi-conductor light amplifier 12. In the 2nd semi-conductor light amplifier 12, the new lightwave signal of wavelength λ_{das} ($=2\lambda_{dap}-\lambda_{dai}$) occurs by 4 light-wave mixing similarly. It is wavelength λ_{das} among the light outputted from the 2nd semi-conductor light amplifier 12. Only light passes a light amplifier 31, an optical isolator 32, an optical filter 33, and a coupler 34, and returns to the multiplexing machine 35. Thus, it is wavelength λ_{das} when an optical-communication signal is inputted. A lightwave signal goes a ring resonator around.

[0010] On the other hand, when an optical-communication signal is not inputted into this ring resonator, 4 light-wave mixing does not take place with the 1st semi-conductor light amplifier 11, but it is wavelength λ_{das} from the 1st semi-conductor light amplifier 11. Only light is outputted. However, this wavelength λ_{das} . Since light is intercepted with an optical filter 13, a ring resonator is not gone around. Thus, when an optical-communication signal is inputted, the light which has spread the inside of a ring resonator can be modulated, and mode locking control is attained. Wavelength λ_{das} which will go a ring resonator around according to the gain saturation effect of a light amplifier 31 here if the gain of a light amplifier 31 is set up more greatly than loss of a ring resonator. Loss of light can be compensated thoroughly and continuation of laser oscillation is possible. Therefore, the optical circuit of this configuration can operate as laser equipment by which mode locking control is carried out with an optical-communication signal, and can generate the light pulse which synchronized with the optical-communication signal. By taking out this light pulse from a coupler 34, an optical clock signal is reproducible.

[0011] In addition, since property time amount is the very high-speed phenomenon of 1 or less psec, 4 light-wave mixing of a semi-conductor light amplifier is all the optical clock regenerative circuits of this invention. A ultra high-speed clock signal 100GHz or more is reproducible. Moreover, since a semi-

conductor light amplifier can be integrated with other components which are components with a magnitude of about hundreds of micrometers, and constitute ring resonator laser equipment, it can miniaturize easily. Similarly, it has high-speed 4 light-wave mixing phenomenon, and as long as other small components and integration are possible, nonlinear elements other than a semi-conductor light amplifier may be used.

[0012]

[Effect of the Invention] As explained above, since all the optical clock regenerative circuits of this invention are the configurations of performing mode locking control using high-speed nonlinear actuation called 4 light-wave mixing, they can reproduce a ultra high-speed clock signal. Moreover, since a minute nonlinear element can be used, for example like a semi-conductor light amplifier, it is realizable in a small-scale circuit.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram showing the operation gestalt of all the optical clock regenerative circuits of this invention.

[Drawing 2] Drawing showing each wavelength relation of 4 light-wave mixing.

[Drawing 3] The block diagram showing the configuration of all the optical clock regenerative circuits that used conventional ring resonator laser equipment.

[Description of Notations]

11 1st Semi-conductor Light Amplifier

12 2nd Semi-conductor Light Amplifier

13 Optical Filter

31 37 Light amplifier

32 Optical Isolator

33 Optical Filter

34 Coupler

35 Multiplexing Machine

36 Mutual Phase Modulator

[Translation done.]

* NOTICES *

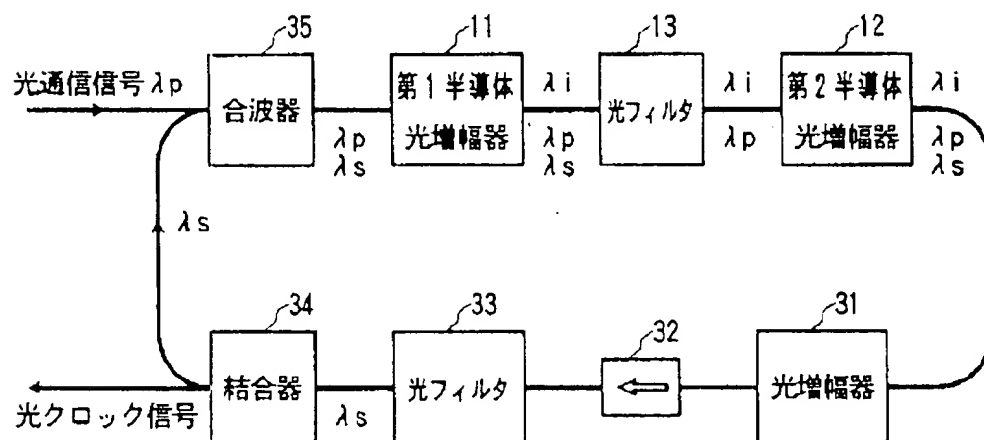
JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

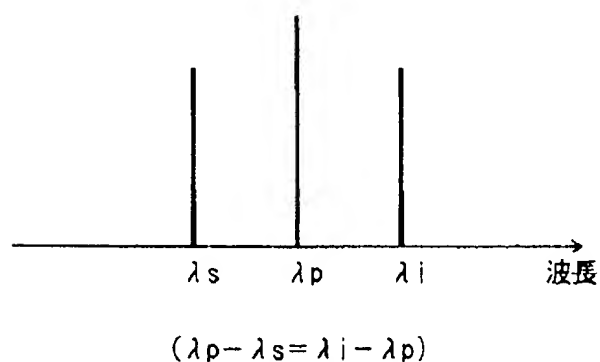
[Drawing 1]

本発明の全光クロック再生回路の実施形態



[Drawing 2]

4 光波混合の各波長関係



[Drawing 3]

* NOTICES *

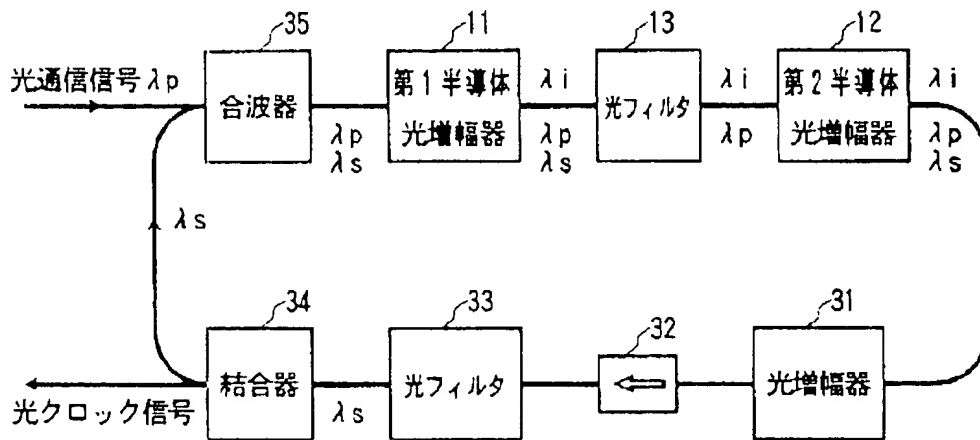
JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

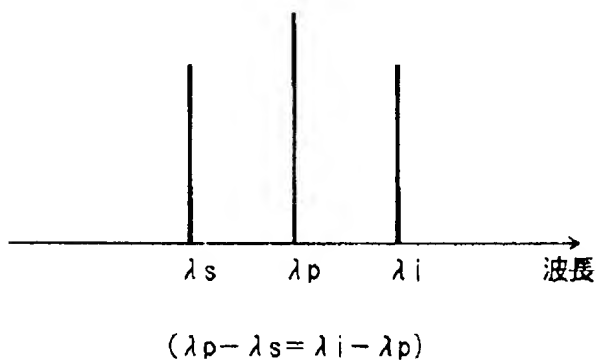
[Drawing 1]

本発明の全光クロック再生回路の実施形態



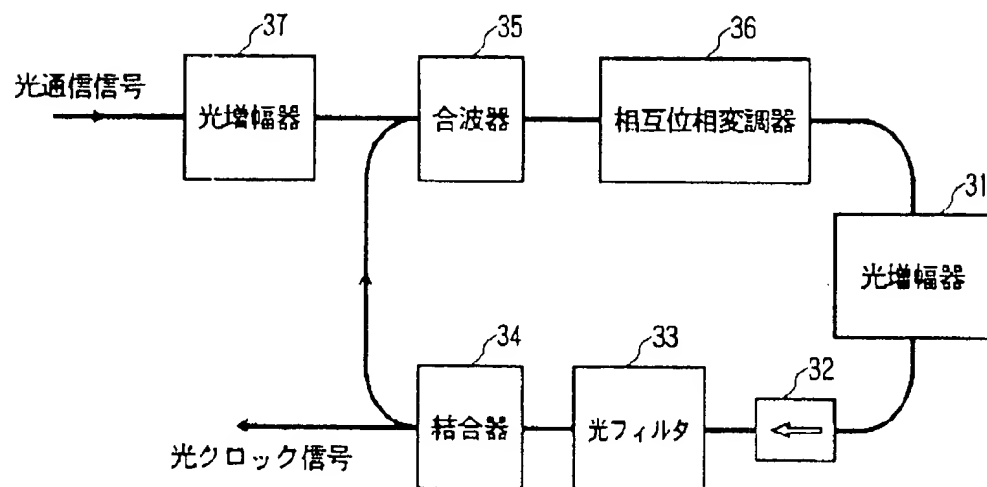
[Drawing 2]

4 光波混合の各波長関係



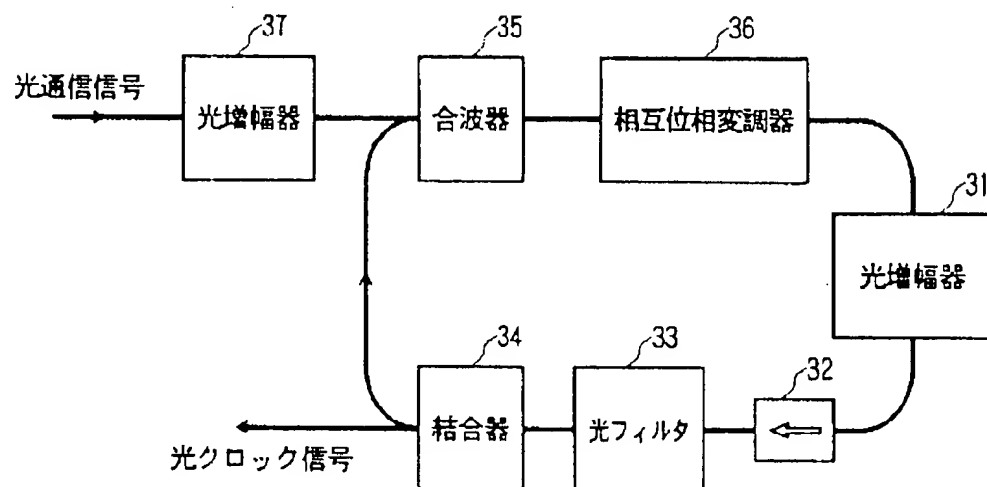
[Drawing 3]

従来のリング共振器レーザ装置を用いた全光クロック再生回路の構成



[Translation done.]

従来のリング共振器レーザ装置を用いた全光クロック再生回路の構成



[Translation done.]